

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПРОФИЛЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ
ЭЛЕМЕНТОВ С УЧЕТОМ НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАСПЫЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКИ-
ЭМИССИОННОГО СПЕКТРОМЕТРА ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА ДЛЯ АНАЛИЗА
МНОГОСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ**

А. Ломыгин¹, Р.С. Лаптев¹, А.И. Иванова¹

Научный руководитель: И.А. Шулепов²

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

²Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения РАН

Россия, г. Томск, пр. Академический, 2/4, 634021

E-mail: lomyginanton141@gmail.com

**MODELING OF DEPENDENCE OF PROFILES OF DISTRIBUTION OF ELEMENT INTENSITY
WITH TAKING INTO ACCOUNT THE DIFFERENCE OF SPRAYING OF THE OPTICAL
EMISSION GLOW-DISCHARGE SPECTROMETER FOR ANALYSIS OF MULTI-LAYERED
COATINGS**

A. Lomygin¹, R.S. Laptev¹, A.I. Ivanova¹

Scientific Supervisor: I.A. Shulepov²

¹Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin Ave., 30, 634050

²Institute of Strength Physics and Materials Science, Russia, Tomsk, Academic Ave., 2/4, 634021

E-mail: lomyginanton141@gmail.com

Abstract. Modern technologies cannot do without materials with special characteristics; some of these materials are coatings and thin films. Coatings and thin films are used in various fields, from optics to protective films from any influences. In addition to the technological problems associated with the deposition of a large number of layers, methodological problems also arise in profiling due to the physical and instrumental artifacts that accompany ion sputtering of ultrathin and thin multilayer coatings. These factors must be carefully monitored, but spectrometry is one of the methods for controlling the elemental composition glow discharge. The purpose of this study is the ability to adjust the distribution profiles of chemical elements after analysis using a glow discharge spectrometer GD-Profilер 2.

Введение. Тонкие пленки и покрытия применяются в различных областях техники, от микроэлектроники и оптики, до защитных покрытий от различных воздействий. Оптимизация процессов нанесения покрытий и определение механизмов разрушения покрытий основаны на исследованиях микроструктуры и элементного и химического состава с помощью электронной микроскопии, рентгеноструктурного анализа и фотоэлектронной спектроскопии [1]. Однако в этом случае, помимо технологических проблем, связанных с осаждением большого числа слоев, методологические проблемы также возникают в профилировании глубины из-за физических и инструментальных артефактов, которые сопровождают ионное распыление ультратонких и тонких мультислойных покрытий [2]. Тонкопленочный анализ методами профилирования глубины основан на эрозии поверхностей в

результате бомбардировки частицами с различной энергией, причем вещество непрерывно удаляется в зависимости от времени бомбардировки. Одним из таких методов является оптическая-эмиссионная спектроскопия тлеющего разряда (GD-OES) [3].

Целью данной работы было моделирование зависимости профилей распределения интенсивностей элементов с учетом неравномерности распыления.

Материалы и методы. Мультислойное покрытие CrN/ZrN осаждалось методом магнетронного распыления на подложку из нержавеющей стали 08X18H10T. Общая толщина полученного покрытия составила 17-18 мкм. Для анализа химического состава покрытий и распределения слоев был использован спектрометр тлеющего разряда GD-Profilер 2. В спектрометрах GD-OES распыление образца, использовавшегося в качестве катода, происходило путем бомбардировки его поверхности ионами $Ar^+ < 50$ эВ, а детектирование оптического излучения от распыленных частиц осуществлялось многоканальной оптической системой в диапазоне длин волн 120-800 нм. При корректировке профилей распределения интенсивностей свечения элементов использовалась экспоненциальная зависимость $y = y_0 + Ae^{kx}$. Для количественного анализа покрытий использовалась оже-спектроскопия.

Результаты. В результате качественного анализа химического состава покрытий, распределения слоев был получен исходный профиль распределения элементов в покрытии CrN/ZrN, изображенный на рисунке 1. Как видно из рисунка 1, интенсивности свечения элементов снижаются при приближении к подложке, что связано с различными физическими и инструментальными артефактами, одним из которых является «эффект кратера» [4].

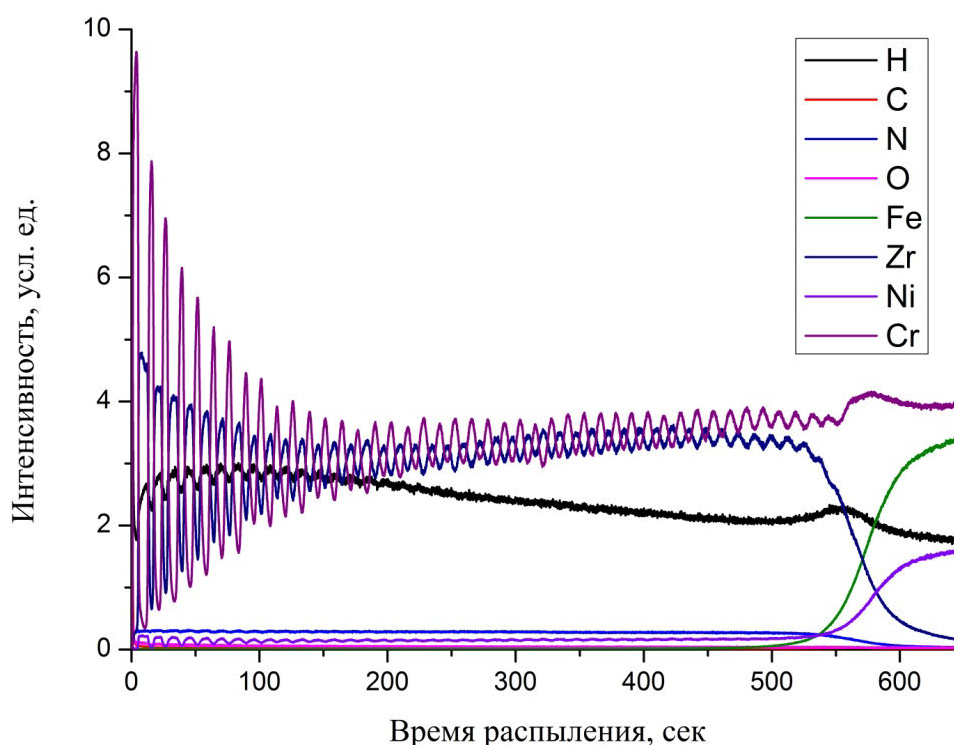


Рис. 1. Исходные профили распределения элементов в покрытии CrN/ZrN

На рисунке 2 изображен оже-спектр исследуемого покрытия, он использовался для того, чтобы пересчитать интенсивность свечения в атомную концентрацию полученного профиля распределения элементов.

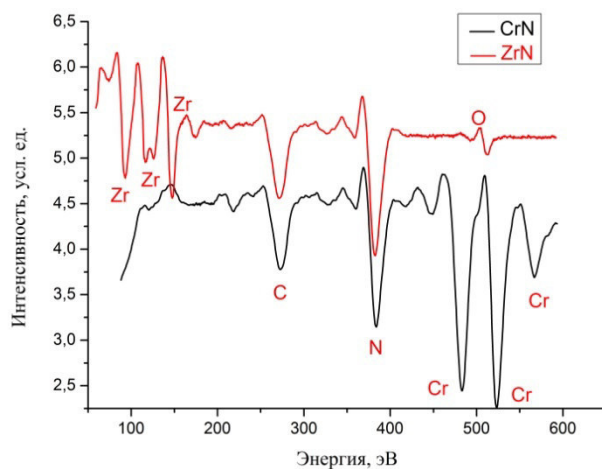


Рис. 2. Оже - спектр покрытия CrN/ZrN

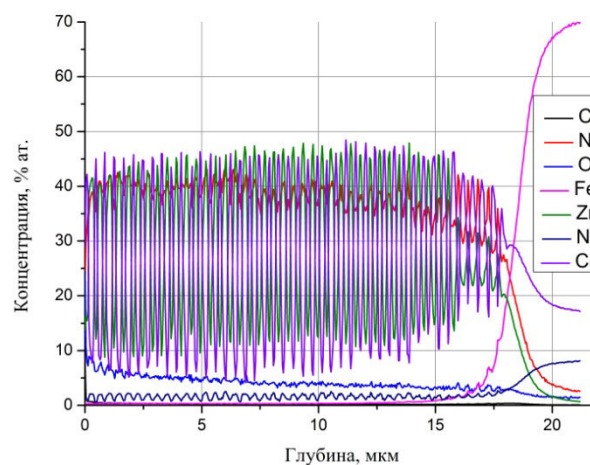


Рис. 3. Зависимость концентрации элементов от глубины распыления покрытия CrN/ZrN

Профилирование по глубине на рисунке 1 . производилось при следующих параметрах: давление - 650 Па, мощность - 40 Вт. Скорректированный профиль распределения изображен на рисунке 3. Как видно из рисунка 3, интенсивности свечения каждого слоя одинаковые, что говорит об отсутствии физических и инструментальных артефактов.

Заключение. В результате данной работы была показана возможность устранения от физических и инструментальных артефактов, скорректирован исходный спектр после учета неравномерности распыления. Также пересчитаны интенсивности свечения элементов в атомные концентрации для понимания количественного химического состава полученного покрытия CrN/ZrN.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chang Y. Y. et al. High temperature oxidation resistance of CrAlSiN coatings synthesized by a cathodic arc deposition process // Journal of Alloys and Compounds. – 2008. – V. 461., №. 1-2. – P. 336-341.
2. Tolstoguzov A. B. Multilayer thin-film coatings based on chromium nitride and aluminum nitride: Comparative depth profiling by secondary ion mass spectrometry and glow-discharge optical emission spectrometry // Journal of Analytical Chemistry. – 2010. – V. 65., №. 13. – P. 1370-1376.
3. Нехин М., Кузнецов А., Шапон П. Спектрометр тлеющего разряда PROFILER-2-мощный аналитический инструмент послойного анализа материалов // Аналитика. – 2012. – №. 4. – С. 34-43.
4. Efimova V., Hoffmann V., Eckert J. Sputter crater formation in the case of microsecond pulsed glow discharge in a Grimm-type source. Comparison of direct current and radio frequency modes // Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy. – 2012. – V. 76. – P. 181-189.